

La diversificación en moluscos cefalópodos: El pulpo (*Octopus vulgaris*).

J. Iglesias y F.J. Sánchez

Instituto Español de Oceanografía. Apartado 1552, 36200-VIGO. E-mail: jose.iglesias@vi.ieo.es

Introducción

El cultivo de cefalópodos nunca ha tenido una importancia significativa como fuente de alimento para el hombre debido probablemente a sus abundantes capturas comerciales procedentes de la pesca. Sin embargo, muchas especies de cefalópodos han sido mantenidas en cautividad, desde épocas muy antiguas, con fines de investigación de su comportamiento, relaciones predador-presa o para disponer de ejemplares vivos para acuarios.

Boletzky y Hanlon (1983), para diferenciar las actividades realizadas en cautividad con los cefalópodos distinguen entre *mantenimiento* (maintenance), o acondicionamiento de juveniles de la misma edad en cautividad, *cría* (rearing), o crecimiento de ejemplares durante un periodo de tiempo, pero sin alcanzar la segunda generación y *cultivo* (culture), cuando a partir de paralarvas obtenidas en cautividad, se desarrolla el crecimiento de los juveniles hasta alcanzar la segunda generación, o sea completándose el ciclo de cultivo de la especie.

Alrededor del 10% de las especies de cefalópodos (aproximadamente 70 de las 700 conocidas), han sido mantenidas, criadas ó cultivadas, lo cual es un número muy abundante si se compara con otros organismos marinos invertebrados o incluso peces. Sin embargo, solamente en 12 de ellas se han llevado a cabo experiencias relacionadas con su cultivo y los resultados obtenidos no son en la mayoría de los casos aplicables a escala industrial.

El factor más atrayente del cultivo de cefalópodos se basa en el hecho de que son organismos marinos de vida muy corta (de 6 meses a unos 3 años) y por consiguiente presentan unas tasas de crecimiento muy elevadas. El mayor inconveniente en su cultivo reside en que en la mayoría de los casos son carnívoros y las paralarvas requieren presas vivas de difícil obtención. Además toleran muy mal las bajas salinidades y concentraciones de oxígeno, siendo sin embargo muy tolerantes a los niveles de amonio, nitritos y nitratos (Hanlon, 1987).

Una de las especies más ampliamente estudiada es la sepia (fundamentalmente *Sepia officinalis*). Actualmente se está consiguiendo buenos resultados de crecimiento y supervivencia de juveniles, pero el problema principal reside en no disponer de un pienso inerte que haga rentable el proceso de explotación (Domínguez *et al.*, 2002 y 2004). El calamar (*Loligo vulgaris*) es también objeto de diversas investigaciones, sobre todo en su fase de cultivo de paralarvas (Vidal *et al.*, 2002 y 2005). La situación actual, aunque está todavía en fase experimental, se dirige a la incorporación de copépodos como presas vivas de las paralarvas, por presentar estos un perfil bioquímico apropiado para cubrir los requerimientos nutricionales de las paralarvas.

Dentro de los octópodos, se está desarrollando una somera investigación sobre la especie *Octopus maya* en Méjico (Rosas, 2005). Al no presentar fase de vida pelágica, ni por lo tanto paralarvas, los ejemplares recién nacidos ya son bentónicos y presentan una forma semejante al estado adulto. A pesar de esta teórica facilidad de cultivo, se da de igual forma una mortalidad muy elevada durante los primeros meses del cultivo, debido fundamentalmente a la falta de un pienso inerte adecuado de engorde. Con relación a *Octopus mimus* se han publicado datos de reproducción y crecimiento de esta especie en Chile (Zúñiga *et al.*, 1995) y en Perú (Baltazar *et*

al., 1999 y 2000). Sus tasas de crecimiento son más reducidas que las del pulpo común (*Octopus vulgaris*) y el problema principal de su cultivo reside también en las altas mortalidades larvarias, que impiden su aplicación industrial. Otras especies de *Octopus* cultivadas a nivel experimental son *Octopus bimaculatus* en Baja California (Méjico), *Enteroctopus megalocyatus* en Chile y *Octopus lobensis* en Argentina.

El cultivo del pulpo (*Octopus vulgaris*): Evolución histórica

Octopus vulgaris es sin duda la especie mas estudiada dentro de los cefalópodos. Aspectos diversos de su biología, fisiología, comportamiento, reproducción, crecimiento o incluso su cultivo han sido objeto de amplias revisiones (Wells, 1978; Mangold, 1983; O'Dor y Wells, 1987; Hanlon y Messenger, 1996; Vaz-Pirés *et al.*, 2004 e Iglesias *et al.*, 2000, 2007a).

Itami *et al.* (1993) fueron los pioneros en Japón en conseguir cultivar las paralarvas del pulpo utilizando como presas zoeas de camarón *Palaemon serrifer*. Obtuvieron juveniles bentónicos a los 33 días a una temperatura de 24,7°C y una supervivencia del 5% a los dos meses. Posteriormente Imamura (1990) y Hamasaki *et al.* (1991) reportan supervivencias del 25 al 28 % a los 25 días, utilizando *Artemia* como única presa viva. Actualmente la investigación en Japón se dirige exclusivamente en conseguir juveniles para programas de repoblación (Okumura *et al.*, 2005).

En la década de los 90 investigadores del CSIC dieron los primeros pasos en la investigación sobre el cultivo larvario, alcanzando por vez primera en Europa la juveniles bentónicos con una supervivencia de 8,9 y 0,8% a los 52 y 60 días respectivamente, utilizando zoeas de crustáceos como presas y temperaturas de 21 °C (Villanueva, 1994, 1995). Posteriormente Moxica *et al.* (2002) incorporan la idea de utilizar presas de mayor tamaño y utilizan conjuntamente *Artemia* adulta de hasta 2 mm y zoeas y megalopas de centolla.

El impulso importante en España para el desarrollo industrial del cultivo de esta especie, partió de las elevadas tasas de crecimiento obtenidas en tanques en el IEO de Vigo (Iglesias *et al.* 1996, 1997), que posteriormente fueron confirmadas también en jaulas flotantes (Rama-Villar *et al.*, 1997). A mediados de los 90 se constituyen las primeras empresas de engorde de pulpo ubicadas en las rías gallegas. Marfrío, Arrecifes del Atlántico, Ameixas de Carril, Samertolameu, son algunas de las pequeñas cooperativas o asociaciones de pescadores pioneras en este ámbito. Su planteamiento fue el engorde de subadultos de 750 gramos (tamaño mínimo legal), hasta los 2,5 kg de peso en un periodo de 4 meses, utilizando cangrejos y pescado de bajo valor comercial (Rama-Villar *et al.*, 1997; Rey -Méndez *et al.* 2003; Chapela *et al.*, 2006; Iglesias *et al.*, 2007b).

Durante el periodo 2001 a 2004 se subvencionó por parte de la Secretaría General del MAPA un Plan Nacional sobre el cultivo del pulpo, enfocado fundamentalmente en dos subproyectos: Cultivo larvario y engorde. Con relación al cultivo larvario el gran avance obtenido fue la utilización de presas vivas tanto cultivadas (*Artemia*) como procedentes del medio natural (zoeas de crustáceos), mejorándose así los valores de crecimiento y supervivencia. En el año 2001, utilizando este tipo de presas se obtuvo una supervivencia del 31.5 % a los 40 días de edad y se consiguió por primera vez en el mundo completar el ciclo de cultivo a escala experimental (Iglesias *et al.* 2004). Posteriormente, Carrasco *et al.* (2005) empleando las mismas presas, pero con sistemas de cultivo muy diferentes obtuvo resultados semejantes.

Con relación al engorde, las experiencias en jaulas desarrolladas en Galicia se trasladaron a otras comunidades autónomas (Asturias, Baleares, Canarias, Murcia y Valencia). También se probaron sistemas de engorde diferentes y se realizaron estudios de rentabilidad. Toda la información generada en este Plan Nacional, plasmada en más de 30 publicaciones técnicas, se encuentra disponible en el sitio web del MAPA: www.mapa.es/pesca/pags/jacumar/planes_nacionales/pulpo.pdf

La conclusión general del Plan Nacional Jacumar fue que el cuello de botella del cultivo integral del pulpo reside en la fase de cultivo de paralarvas, ya que es donde se registran las mortalidades más pronunciadas y que determinan el desarrollo industrial del proceso global.

Como consecuencia de esta apreciación se decidió proponer al MAPA realizar un seminario o workshop internacional de expertos en el cultivo larvario de cefalópodos, con el fin de discutir los diferentes sistemas de cultivo utilizados, analizar las causas de la mortalidad larvaria y establecer las líneas futuras de investigación prioritarias.

Este documento presenta muchas de las conclusiones emanadas en dicho workshop internacional, celebrado en el Instituto Español de Oceanografía de Vigo, en el mes de noviembre de 2005 (Iglesias *et al.*, 2007a) y pretende ser además un homenaje especial de todos los autores a la memoria del Doctor Shigenobu Okumura, participante nipón fallecido el 21 de agosto del año 2006.

Situación actual: Fase de reproducción

Los equipos de investigación relacionados con el cultivo del pulpo utilizan diversas condiciones de acondicionamiento de los reproductores (Iglesias *et al.* 2007a). Las diferencias más evidentes son la proporción de machos:hembras y el amplio rango de temperaturas utilizadas (14 a 25 °C). Los métodos de captura, las condiciones de transporte, el alimento suministrado y la intensidad de luz son sin embargo similares. No existen problemas para la aclimatación de reproductores y obtención de puestas viables bajo condiciones de cautividad. Este proceso puede llevarse a cabo por medio de la creación de un stock de reproductores, mezclando hembras y machos (Iglesias *et al.*, 2000; Roo, com. per.), o bien por separación individual de las hembras capturadas del mar ya fecundadas (Villanueva, 1995; Okumura *et al.*, 2005). El 100% de las hembras maduran y realizan la puesta en cautividad, obteniéndose porcentajes de eclosión de los huevos superiores al 80%.

Basado en un análisis comparativo de los diferentes sistemas utilizados, es posible establecer una serie de recomendaciones generales sobre la fase de reproducción del pulpo que permitan una obtención más estandarizada de paralarvas viables:

Captura de reproductores. Se recomienda utilizar nasas para la captura de reproductores, evitando arrastres u otras artes de pesca que produzcan daños a los ejemplares capturados.

Transporte de adultos. La mortalidad durante el transporte puede evitarse mediante aireación en el caso de bajas densidades o con suministro de oxígeno si son altas. La utilización tubos de PVC o bolsas de malla individuales reducen la mortalidad durante el transporte.

Alimentación de los reproductores. Se recomienda utilizar al menos un 30% de crustáceos en la dieta para así mejorar la composición bioquímica de las paralarvas. Se pueden utilizar crustáceos y peces de bajo valor comercial.

Proporción de sexos antes de la puesta. Si los individuos son capturados durante la época de puesta, sería suficiente con disponer de hembras (> 1 kg). El resto del año se pueden disponer los machos y hembras en una proporción de 1:3.

Hembras en puesta y cuidado de los huevos. Cuando la puesta se haya completado, la hembra junto con su puesta ha de transferirse a otro tanque evitando así que sea molestada por otros reproductores.

Manejo de la puesta. El transporte y manejo de la masa de huevos y la hembra deberán realizarse antes de que ocurra la segunda inversión en los embriones, de esta forma se evita que nazcan prematuramente. Además se han de evitar en lo posible cambios bruscos (p.ej. temperatura, salinidad, pH, intensidad de luz) en el medio acuático donde se encuentra la hembra y su puesta, así como estímulos mecánicos.

Recogida y traslado de paralarvas. La transferencia de las paralarvas a otro tanque ha de

realizarse con máximo cuidado para evitarles estrés o causarles daños irreversibles. El muestreo después de la eclosión se ha de realizar delicadamente, bien por conteo individual o por estimación volumétrica.

Fase de cultivo de paralarvas

El principal problema que impide el cultivo integral del pulpo reside en las altas mortalidades observadas en la fase de cultivo de las paralarvas, durante los dos primeros meses de vida. Debido al conocimiento limitado sobre los requerimientos esenciales biológicos, nutricionales, físicos y de comportamiento de las paralarvas de cefalópodos, se han realizado esfuerzos muy variados con el objetivo de explorar la viabilidad de su cultivo. Como consecuencia, en esta fase de cultivo han sido utilizados una gran variedad de tipos, volúmenes y colores de tanques, condiciones de luz y también diferentes calidades y turbidez de agua y sistemas de suministro (Iglesias *et al.* 2007a). Además se han usado diferentes tipos y tamaños de presas en diversos regímenes alimenticios (concentraciones, número de tomas, procesamiento del alimento). Como resultado, no existen en la actualidad métodos o protocolos estandarizados de cultivo de las paralarvas.

Los mejores resultados referentes a crecimiento y supervivencia se registraron en aquellos cultivos donde se utilizó *Artemia* complementada con zoeas vivas de centollo. Mediante esta técnica se pudo completar el ciclo de cultivo del pulpo, obteniéndose juveniles que llegaron a alcanzar el estado adulto y realizar la puesta en cautividad. Estos resultados, pioneros en todo el mundo, fueron obtenidos por primera vez en el 2001 en el IEO de Vigo (Iglesias *et al.*, 2004) consiguiendo un peso seco de las paralarvas de 9.5 ± 1.9 mg y una tasa de 31.5% de supervivencia a los 40-45 días (Figura 1).

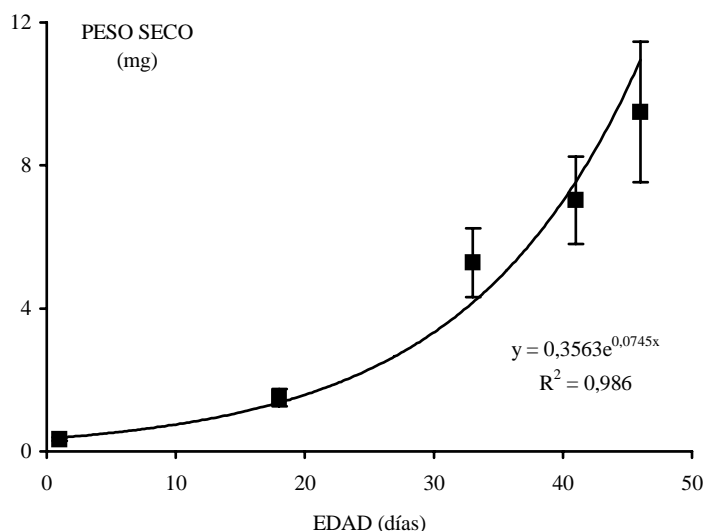


Figura 1. Crecimiento en peso seco de paralarvas de pulpo desde la eclosión hasta el día 45

Posteriormente los pulpos alcanzaron un peso de 0,5 a 0,6 kg a los seis meses de edad, y un peso final de 1.4 a 1.8 kg a los ocho meses, momento en el que maduraron y realizaron la puesta. Al año siguiente, en el Centro de Experimentación Pesquera de Asturias, utilizando la misma dieta (zoeas de *Maja brachydactyla* y *Artemia*) se consiguieron supervivencias larvarias del 60 al 90% a día 20 de vida y posteriormente ejemplares adultos maduros de un peso medio de alrededor de 3,5 kg a los 16-18 meses. Sin embargo, esta técnica no es transferible al sector comercial ya que la disponibilidad de zoeas vivas es limitada y difícil de escalar el cultivo a niveles considerados

comerciales. Por este motivo se contempla la necesidad de seguir investigando en busca de una dieta larvaria ó un enriquecedor de Artemia, que cubra más eficientemente los requerimientos nutritivos en estas fases tempranas de desarrollo.

Durante muchos años se ha discutido sobre cual es la causa de la alta mortalidad larvaria observada durante los dos primeros meses de vida del pulpo. Dos posibles factores fueron planteados a lo largo del tiempo como posibles causas: la falta de un sistema de cultivo estandarizado y la ausencia de un alimento vivo apropiado que cubra los requerimientos de las paralarvas. Existe un acuerdo general de que en el tanque de cultivo se debe producir una distribución homogénea en la columna de agua, tanto de las presas como de las paralarvas. Para conseguir este objetivo, algunos autores (Iglesias *et al.*, 2004; Okumura *et al.*, 2005) utilizan una suave aireación en el fondo del tanque, producida por piedras difusoras, evitando que se produzcan pequeñas burbujas que puedan introducirse en el manto de las paralarvas. Otros autores emplean sistemas especiales de distribución y difusión del agua de entrada (Villanueva, 1995) o entradas múltiples tangenciales superficiales (Vidal *et al.*, 2002). Incluso algunos autores (Carrasco *et al.*, 2005, 2006) instalan entradas de agua en el fondo del tanque que producen una circulación vertical hacia arriba comúnmente utilizada en el cultivo del bogavante.

Con relación al alimento, se acepta de forma generalizada que la *Artemia franciscana* constituye una presa atractiva y bien aceptada por las paralarvas de pulpo. Sin embargo existen discrepancias sobre el tamaño ideal que debe tener la Artemia suministrada a los tanques de cultivo. Algunos autores (Vidal *et al.*, 2002; Navarro y Villanueva 2003) emplean nauplios de Artemia de 450 a 750 micras, durante las primeras semanas de cultivo, mientras que otros (Moxica *et al.*, 2002; Iglesias *et al.*, 2004; Carrasco *et al.*, 2005) utilizan Artemia de hasta 2 mm. de longitud por ser mejor aceptada que los nauplios (Iglesias *et al.*, 2006). Estos autores señalan que la Artemia grande es bien aceptada hasta el primer mes de vida y que si se enriquece exclusivamente con *Nannochloropsis* sp. se pueden alcanzar valores de supervivencia de 28,9% (Hamazaki *et al.*, 1991) y 67,3 % (Moxica *et al.*, 2006) al mes de vida.

Aunque la Artemia es bien aceptada y cuando se utiliza enriquecida puede producir buenos resultados de supervivencia hasta el primer mes de vida, la Artemia “per se” no presenta un perfil bioquímico adecuado para cubrir los requerimientos nutricionales de las paralarvas del pulpo. Esto es muy evidente en lo relativo al nivel de ácidos grasos poliinsaturados, en especial el EPA y el DHA (Navarro *et al.*, 1992, 1993), que se encuentran casi ausentes en los nauplios de Artemia recién eclosionada. Las zoeas de crustáceos procedentes del medio natural aportan un mayor contenido en PUFAS, en especial en DHA (Navarro y Villanueva, 2000; Moxica *et al.*, 2002). Otros autores utilizan escamas congeladas de *Ammodytes personatus* (Okumura *et al.*, 2005) o copépodos, (Vidal *et al.*, 2002), para conseguir un perfil nutricional adecuado.

Consecuentemente una dieta viva mixta, compuesta por Artemia adulta enriquecida y zoeas de crustáceos, constituye hoy por hoy la más ajustada para producir los mejores resultados de crecimiento y supervivencia en la fase larvaria. Teniendo en cuenta que, además de los ácidos grasos poliinsaturados, deben de existir en las zoeas otros componentes nutricionales básicos (amino-ácidos, fosfolípidos y colesterol) se hace necesario continuar investigando en la formulación de una dieta mixta (Artemia y pellets) que pueda ser aplicada industrialmente.

Engorde de subadultos

En los años 90, el Centro Oceanográfico de Vigo del I.E.O. y el Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Santiago de Compostela comenzaron las primeras investigaciones sobre la potencialidad del engorde de pulpos en tanques y jaulas flotantes, respectivamente. En estos primeros estudios se analizaron los factores que podrían influir en la tasa de crecimiento, tales como la densidad de estabulación, el sexo, el tamaño o la dieta (Iglesias *et al.*, 2000). Los resultados obtenidos fueron muy positivos y permitieron definir las condiciones

óptimas para su transferencia al sector industrial. De hecho en esos mismos años empezaron a surgir pequeñas empresas que, comenzando con el diseño de jaulas y aprovechando los resultados de las investigaciones citadas, se convirtieron en pioneras en el mundo en el cultivo de este cefalópodo a escala comercial. En la actualidad existen dos concesiones privadas (Cooperativa profesional de naseiros “Samertolameu” y Arrecifes del Atlántico S.L.) que producen conjuntamente alrededor de 20 Tm al año.

A raíz de las experiencias de engorde en jaulas en Galicia, otras Comunidades Autónomas mostraron su interés en la aplicación de esta tecnología: en Asturias se llevaron a cabo, a partir de un diseño de jaula propio, varias pruebas de engorde en diferentes épocas del año, llegando a la conclusión de que es posible realizar ciclos de engorde de tres meses y obtener ejemplares de 3 o 4 kg. a partir de pulpos de 1 kg. si se cumplen ciertas condiciones tales como: separación por sexos, carga inicial entre 10 y 12 kg.m⁻³, temperatura superior a 15°C y una dieta compuesta de crustáceos, peces y moluscos. La mortalidad acumulada no fue superior al 20%.

Otras dos comunidades (Canarias y Valencia) han partido de artefactos flotantes inspirados en el modelo C-160, que corresponde al que ha desarrollado la empresa Arrecifes del Atlántico en Galicia y que tan buenos resultados ha dado. Habiendo empezado más tarde, sus resultados no fueron concluyentes como en el caso asturiano. En Valencia, se ha comprobado que las altas temperaturas registradas en los meses estivales influyen negativamente en el proceso, reduciendo el número de potenciales ciclos anuales de engorde. En Canarias, los primeros resultados de crecimiento y supervivencia han sido positivos, alcanzándose casi los cuatro 4 kg en un periodo de tres meses, a pesar de haberse utilizado una dieta a base solamente de pescado.

Por último, en Andalucía se llevaron a cabo una serie de experiencias en esteros donde se disponían jaulas cilíndricas y tanques de fibra, ambos de 1 m³. Se estabularon pulpos a diferentes densidades y separación por sexos. Los resultados en términos de crecimiento y supervivencia han sido positivos en todos los casos, recomendando este tipo de estructuras, por su bajo coste y facilidad de manejo y limpieza, para utilizar en el engorde de pulpo en esteros, si bien se aconseja realizarlo en aquellas épocas del año en que el agua se encuentre en un rango de temperatura de 15 a 20°C.

Como cuadro general de engorde, aplicable a una supuesta explotación de 30 jaulas flotantes de 6 m³, se señala en la Tabla I la producción estimada para cada una de las jaulas y la total anual:

Producción anual estimada para 30 jaulas: 10,5 Tm, efectuando dos ciclos de engorde de 4 meses, uno en verano y otro en invierno.

Tabla I. Producción por jaula (aprox. 6 m³) en dos ciclos de engorde de 4 meses.

		Nº ejemplares	Peso medio (g)	Densidad carga (kg m ⁻³)	Alimento (% de biomasa)	Supervivencia (%)	Biomasa total (kg)
INICIO		110	900	15	7	100	100
FINAL	Verano	55	3300	30	3	50	180
	Invierno	80	2100	25	3	75	170

Producción anual estimada para 30 jaulas: 10,5 Tm, efectuando dos ciclos de engorde de 4 meses, uno en verano y otro en invierno.

Conclusiones

Analizando en conjunto las tres fases de cultivo del pulpo se puede concluir que las relativas a la reproducción y al proceso de engorde han alcanzado un grado de desarrollo adecuado mientras que la fase de cultivo larvario es la que concentra los mayores problemas, particularmente la alta

mortalidad larvaria en las primeras semanas de vida, lo cual impide el cierre del ciclo de cultivo de esta especie y la consiguiente transferencia tecnológica. Por consiguiente, en un futuro próximo se necesita seguir investigando sobre los requerimientos nutritivos de las paralarvas (lípidos, proteínas, elementos esenciales y vitaminas) en esa fase, así como sobre la optimización de aquellos factores relacionados con el tanque de cultivo (tipo, color y volumen) y circuito de agua (circulación, turbulencia, etc.). Es igualmente importante la búsqueda y ensayo de nuevas presas vivas y microdietas.

Bibliografía

- Baltazar, P. F. Cardoso y V. Valdivieso. 1999. Observaciones preliminares sobre el cultivo de pulpo *Octopus mimus* (Cephalopoda: Octopoda) en el Perú. En: *Libro de resúmenes del VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar*.
- Baltazar P., P. Rodríguez, W. Rivera y V. Valdivieso. 2000. Cultivo experimental del pulpo (*Octopus mimus*) en el Perú. *Revista Peruana de biología*. Vol 7, número 2.
- Boletzky, S. y R. Hanlon. 1983. A review of laboratory maintenance, rearing and culture of cephalopod molluscs. *Nem. Nat. Mus. Victoria* 44: 147-187.
- Carrasco, J. F., C. Rodríguez y M. Rodríguez. 2005. Cultivo intensivo de paralarvas de pulpo (*Octopus vulgaris*, Cuvier) utilizando como base de la alimentación zoeas vivas de crustáceos. *Libro de Actas IX Congreso Nacional de Acuicultura*, Octubre 2005, Sevilla, España, pp. 219-222.
- Carrasco, J.F., J. C. Arronte, y C. Rodríguez. 2006. Paralarval rearing of the common octopus, *Octopus vulgaris* (Cuvier). *Aquac. Res.* 37, 1601-1605.
- Chapela A., A. F. González, E. G. Dawe, F. J. Rocha and A. Guerra. 2006. Growth of common octopus (*Octopus vulgaris*) suspended from rafts in cages. *Scientia Marina*, 70 (1): 121-129.
- Domingues, P., A. Sykes, and J. P. Andrade. 2002. The effects of temperature in the life cycle of two consecutive generations of the cuttlefish *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758), cultured in the Algarbe (South Portugal). *Aquaculture International* 10:207-220.
- Domingues, P., A. Sykes, A. Sommerfield, E. Almansa, A. Lorenzo, and J. P. Andrade. 2004. Growth and survival of cuttlefish (*Sepia officinalis*) of different ages fed crustaceans and fish. Effects of frozen and live prey. *Aquaculture* 229:239-254.
- Hamazaki, H., Fukunaga, K., Yoshida, Y., and K. Maruyama. 1991. Effects of marine microalgae *Nannochloropsis* sp. on survival and growth on rearing pelagic paralarvae of *Octopus vulgaris*, and results of mass culture in the tank of 20 metric tons. *Saibai-giken* 19, 75-84.
- Hanlon R. T. 1987. Mariculture of cephalopod. En: P. R. Boyle (1987). *Cephalopod life cycle*. Vol II. Academia Press Pp: 201-305.
- Hanlon R. T., and J. B. Messenger. 1996. *Cephalopod behaviour*. Cambridge University Press, New York
- Iglesias, J., F. J. Sánchez, y J. J. Otero. 1996. The Octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier): a candidate for aquaculture? *ICES C.M.* 1996/F: 10.
- Iglesias, J., F. J. Sánchez, y J. J. Otero. 1997. Primeras experiencias sobre el cultivo integral del pulpo (*Octopus vulgaris*) en el Instituto Español de Oceanografía. En: *Actas del VII Congreso Nac. de Acuicultura*, Cartagena. Costa J., Abellan E., García B., Ortega A. y Zamara S. (eds.). ISBN: 84-491-0323; 221-226 pp.
- Iglesias, J., F. J. Sánchez, J. J. Otero, C. Moxica,. 2000. Culture of octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier). Present knowledge, problems and perspectives. *Cah. Options Méditerran.* 47, 313-321.
- Iglesias, J., J. J. Otero, C. Moxica, L. Fuentes y F. J. Sánchez. 2004. The completed life cycle of the octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier) under culture conditions: paralarval rearing using Artemia and zoeae, and first data on juvenile growth up to 8 months of age. *Aquaculture International* 12, 481-487.
- Iglesias, J., L. Fuentes, F.J. Sánchez, J. J. Otero, C. Moxica y M. J. Lago. 2006. First feeding of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 paralarvae using Artemia: effect of prey size, prey density and feeding frequency. *Aquaculture* 261 (2), 817-822.
- Iglesias, J., F.J. Sánchez, J.G.F. Bersano, J.F. Carrasco, J. Dhont, L. Fuentes, F. Linares, J.L. Muñoz, S. Okumura, J. Roo, T. van der Meeren, E.A.G. Vidal, R. Villanueva. 2007a. Rearing of *Octopus vulgaris* paralarvae: Present status, bottlenecks and trends. *Aquaculture* 266, 1-15.
- Iglesias, J., F.J. Sánchez, J.J. Otero, M.J. Lago, C. Moxica, L. Fuentes y F.J. Martínez. 2007b. Engorde industrial de pulpo *Octopus vulgaris* en batea en la Ría de Vigo. *Libro de resúmenes del XI Congreso Nacional de*

XI Congreso Nacional de Acuicultura

Acuicultura.

- Imamura, S. 1990. Larval rearing of Octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier). The progress of technological development and some problems remained. *Collect. Breed* 52, 339–343.
- Itami, K., Y. Izawa, S. Maeda y K. Nakai. 1963. Notes on the laboratory culture of the Octopus larvae. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 29(6): 514–520.
- Mangold, K. 1983. *Octopus vulgaris*. In: P. R. BOYLE (ed.). Cephalopod life cycles, Vol I. Academic Press. London, pp. 335–364.
- Moxica, C., Linares, F., Otero, J.J., Iglesias, J., Sánchez, F.J., 2002. Cultivo intensivo de paralarvas de pulpo, *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, en tanques de 9 m³. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 18 (1–4), 31–36.
- Moxica, C., L. Fuentes, J. Hernández, J. Iglesias, M. J. Lago, J. J. Otero y F. J. Sánchez. 2006. Efecto de *Nannochloropsis* sp. en la supervivencia y crecimiento de paralarvas de pulpo *Octopus vulgaris*. *IX Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas*, October 2006, O Grove, España.
- Navarro, J.C. and R. Villanueva. 2000. Lipid and fatty acid composition of early stages of cephalopods: an approach to their lipid requirements. *Aquaculture* 183, 161–177.
- Navarro, J.C. and R. Villanueva. 2003. The fatty acid composition of *Octopus vulgaris* paralarvae reared with live and inert food: deviation from their natural fatty acid profile. *Aquaculture* 219, 613–631.
- Navarro, J.C., F. Amat and J. R. Sargent. 1992. Fatty acid composition of coastal and inland *Artemia* sp. populations from Spain. *Aquaculture* 102, 219–230.
- Navarro, J.C., F. Amat and J. R. Sargent. 1993. The lipids of the cysts of freshwater- and marine-type *Artemia*. *Aquaculture* 109, 327–336.
- O'Dor, R.K. & M.J. Wells. 1987. Energy and nutrient flow. Cephalopod Life Cycles. Academic Press (Boyle P.R., ed.). Vol. 2: 109–133.
- Okumura, S., A. Kurihara, A. Iwamoto and T. Takeuchi. 2005. Improved survival and growth in *Octopus vulgaris* paralarvae by feeding large type *Artemia* and Pacific sandeel, *Ammodytes personatus*. *Aquaculture* 244, 144–157.
- Rama-villar, A., V. Faya, C. Moxica y M. Rey-Mendez. 1997. Engorde de pulpo (*Octopus vulgaris*) en batea. En: *Actas del VII Congreso Nacional de Acuicultura*, Cartagena. Costa J., Abellan E., García B., Ortega A. y Zamara S. (eds.). ISBN: 84-491-0323-1, pp. 221–226.
- Rey-Méndez, M., E. Tuñón y M. Luaces-Canosa. 2003. Estudio de los efectos del peso inicial y el sexo sobre el comportamiento, la mortalidad y el crecimiento del pulpo (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797) en cultivo industrial. *Libro de resúmenes IX Congreso Nacional de Acuicultura* (Mayo 2003, Cádiz, España), pp. 276–277.
- Rosas, C. 2005. Bases biológicas para el cultivo del pulpo (*Octopus maya*). Informe de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Varios autores. Cultivo del pulpo (*Octopus vulgaris* Cuvier). Jacumar. Planes Nacionales de Cultivos Marinos. Informe Final. www.mapa.es/pesca/pags/jacumar/planes_nacionales/pulpo.pdf. 170 pp.
- Vaz-Pires, P., P. Seixas and A. Barbosa. 2004. Aquaculture potential of the common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797): a review. *Aquaculture* 238 (1–4), 221–238.
- Vidal, E. A. G., F. P. DiMarco, J. H. Wormuth, and P. G. Lee. 2002. Optimizing rearing conditions of hatchling loliginid squid. *Marine Biology* 140:117–127.
- Vidal, E. A. G., F. P. DiMarco, J. H. Wormuth and P. G. Lee. 2002. Influence of temperature and food availability on survival, growth and yolk utilization in hatchling squid. *Bulletin of Marine Science*, 71 (2): 915–931.
- Vidal, E. A.G., M. J. Roberts and R. S. Martins. 2005. Yolk utilization, metabolism and growth in reared *Loligo vulgaris reynaudii* paralarvae. *Aquat. Living Resour.* 18, 385–393.
- Villanueva, R. 1994. Decapod crab zoeae as food for rearing cephalopod paralarvae. *Aquaculture* 128: 143–152. Villanueva, R. 1995. Experimental rearing and growth of planktonic *Octopus vulgaris* from hatching to settlement. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 2639–2650.
- Wells, M.J. 1978. Octopus. Physiology and Behaviour of an advanced invertebrate. 417 pp. London, Chapman & Hall. Eds.
- Zúñiga, O., A. Olivares y L. Ossandon. 1995. Influencia de la luz en la maduración sexual de hembras *Octopus minus*. *Est. Oceanol.* 14: 75–76.